

an die Frischluft übertragen. Die Wärmeübertrager kann man in Rekuperatoren und Regeneratoren einteilen. Bei den Rekuperatoren wird die Wärme über Trennwände zwischen Abluft und Zuluft oder mit Hilfe von Zwischenwärmeträgermitteln übertragen. Bei den Regeneratoren erfolgt die Wärmeübertragung dadurch, daß Speichermassen abwechselnd von der Stallabluft erwärmt und von der Frischluft wieder abgekühlt werden. Im Bild 2 sind einige technische Lösungsmöglichkeiten der Wärmerückgewinnung dargestellt. In der oberen Bildhälfte sind Rekuperatoren erkennbar. Beim Plattenwärmeübertrager werden Zu- und Abluftstrom aneinander vorbeigeführt und die Wärme über die Trennwände übertragen. Die Wärmeröhre, die mit Ammoniak gefüllt sein können, befinden sich jeweils zur Hälfte im Zuluft- bzw. Abluftstrom. Das Ammoniak zirkuliert in den Rohren und transportiert die Wärme aus dem Abluftstrom zum Zuluftstrom. Bei rekuperativen Zirkulationssystemen befindet sich ein Wärmeübertrager im Zuluftstrom und der andere im Abluftstrom. Beide sind mit einer Zirkulationsleitung verbunden, und das Zwischenwärmeträgermittel (z. B. Wasser), das umgewälzt wird, transportiert die Wärme von der Abluft- zur Zuluftseite. Mit einer Wärmepumpe kann eine zusätzliche Aufheizung erfolgen. In der unteren Bildhälfte sind zwei Vertreter der Regeneratoren dargestellt. Bei feststehenden Speichermassen müssen die Luftströme abwechselnd über Ventilatoren oder Klappen umgestellt werden, und bei rotierenden Speichermassen werden diese abwechselnd durch den Abluft- und den Zuluftstrom geführt.

Im Rahmen einer Feldprüfung wurden die vorgestellten Varianten untersucht. Die Ergebnisse wurden im vorangegangenen Beitrag dieses Heftes vorgestellt.

3. Ökonomische Bewertung von Wärmerückgewinnungsanlagen

Die wesentliche Aufgabe der Forschung und Entwicklung besteht darin, die effektivsten Lösungen der WRGA für den Stallbau auszuwählen und diese Anlagen technisch weiterzuentwickeln. Um dabei nach einheitlichen Gesichtspunkten vorzugehen, wurde eine Agrotechnische Forderung (ATF) „Wärmerückgewinnung“ erarbeitet. Neben den technologischen Vorgaben zur Gewährleistung des geforderten Stallklimas, den energetischen, technischen Kennziffern sowie den Kennziffern für Bedienung, Wartung und Instandhaltung enthält diese ATF eine Methode zur ökonomischen Bewertung. Die vorgeschlagene Bewertung basiert auf der Ermittlung der Aufwandskennziffern entsprechend dem Standard TGL 190-452 „Wirtschaftlicher Energieträgereinsatz“. Danach ergeben sich die jährlichen Aufwendungen (ohne Umlaufmittelbindung) zu:

$$aw_a = l \frac{q^n(q-1)}{q^n-1} + b_a = l r + b_a \quad (1)$$

$$r = \frac{q^n(q-1)}{q^n-1} \quad (2)$$

aw_a	M/a Aufwandskennziffer
b_a	M/a Betriebsaufwand
$b_a = m_a + k_w l_a q_k$	
l	M Investitionen
m_a	M/a Materialkosten und sonstige Kosten außer Abschreibung und Löhne
k_w	M/a Materialkosten für Wartung und Instandhaltung
l_a	M/a Lohnkosten
q_k	Konsumtionsfaktor
r	Reproduktionsfaktor
q	Akkumulationsfaktor ($q = 1,065$ entsprechend Standard TGL 190-452)
n	a normative Nutzungsdauer der Anlage.

Die Ermittlung der Aufwandskennziffern erfolgt unter Berücksichtigung der Kostenanteile für Bau, Lüftung, Zusatzheizung (z. B. mit Warmwasser) und Wärmerückgewinnung. Eine besondere Bedeutung hat bei den Berechnungen die Bestimmung der jährlichen Wärmemengen, die von der Zusatzheizung bzw. von der WRGA aufgebracht werden.

Durchgeführte Untersuchungen haben gezeigt, daß über die Aufwandskennziffer eine objektive Bewertung möglich ist. Eine Vergleichbarkeit verschiedener WRGA ist aber erst dann möglich, wenn von einheitlichen Randbedingungen ausgegangen wird, wie z. B.

- gleiche Tierart und gleicher Haltungsschnitt
- gleiche Stallgebäude
- gleiche Klimabedingungen innen und außen.

4. Schlußfolgerungen

Die Stallabluft stellt eine bedeutende Wärmequelle dar, die durch WRGA für die Stallheizung genutzt werden kann. Es gibt eine Reihe technischer Möglichkeiten, diese Wärmequelle zu nutzen.

Eine ökonomische Bewertung der verschiedenen WRGA ist notwendig, um Vorzugslösungen herauszuarbeiten. Die verschiedenen Systeme der regenerativen und rekuperativen Wärmerückgewinnung sind technisch weiterzuentwickeln und den Anforderungen des Stallbaus anzupassen. Vor allem sind in den nächsten Jahren die regelungstechnischen Probleme zu lösen. Die Bewertungsmethode ist dahingehend weiter zu vervollkommen, daß neben der rein kostenmäßigen Bewertung auch Gebrauchswerteigenschaften bei der Auswahl von Vorzugslösungen berücksichtigt werden.

A 4537

Getrennte Abführung von Kot und Harn aus Schweineställen

Dipl.-Ing. B. Heinlein/Dr. sc. techn. G. Hörnig, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Dr. sc. agr. G. Rinno, Institut für Düngungsforschung Leipzig-Potsdam der AdL der DDR, Bereich Potsdam

1. Problemstellung

Bei der Bewirtschaftung von Schweineproduktionsanlagen ist die den volkswirtschaftlichen Anforderungen entsprechende Entsorgung der Anlagen von großer Bedeutung. So sind bei Rationalisierung, Rekonstruktion und Neubau vor allem folgende Forderungen zu erfüllen:

- effektiver Einsatz der im Produktionsprozeß anfallenden Rohstoffe, bei Gülle vor allem des Stickstoffs, des Phosphors und der organischen Substanz
- Einsparung an Investitionen, Energie und Arbeitskräften
- rationelle Wasserverwendung
- Beachtung des Umweltschutzes.

Der entscheidende Umstand, der all diesen Forderungen bei der Entsorgung von einstreulose bewirtschafteten Tierproduktionsanlagen entgegensteht, ist der örtlich konzentrierte Anfall großer Massen an Gülle, die technologisch nicht beherrschbar sind. Um

jedoch die großen arbeitswirtschaftlichen Vorteile der einstreulosen Tierhaltung auch in der Tierproduktion nutzen zu können, ist es erforderlich, den hohen Gülleanfall, der durch überwiegend unnötig den Exkrementen zufließendes Wasser entsteht, entscheidend zu reduzieren.

Durch die Abtrennung einer Kotfraktion bei einstreuloser Tierhaltung wird ein organischer Dünger erzeugt, der bei gleichem Stickstoffeinsatz je Hektar wie bei Gülle wesentlich mehr organische Substanz zuführt. Die Harnfraktion kann den Schlägen zugeführt werden, die keiner organischen Düngung bedürfen.

Besondere Bedeutung erlangt diese Problematik auf Anlagenstandorten in Erholungs- und Wasserschutzgebieten, in denen Gülle im Gegensatz zum Stallmist nicht oder nur eingeschränkt einsetzbar ist. Hier kann die Kotfraktion zu stallmistähnlicher Substanz aufbereitet werden.

2. Prinziplösung

Gegenüber bisher üblichen Verfahren der Gülleabführung aus dem Stall, bei denen Kot und Harn gemeinsam in einem Kanal gesammelt (Sammelkanal) und dann hydraulisch oder mechanisch abgeführt wurden, orientiert man bei der getrennten Abführung auf eine möglichst geringe Vermischung der getrennt anfallenden festen und flüssigen Komponenten der Tierexkreme. Zu diesem Zweck wurde unter Praxisbedingungen eine Anzahl von Versuchen durchgeführt, in deren Verlauf die Einflußfaktoren auf den Vermischungsprozeß analysiert werden konnten. Dabei wurden als Haupteinflußgrößen auf einen optimalen Trenneffekt folgende Kenngrößen ermittelt:

Betriebsparameter:

- Vorschubgeschwindigkeit des Räumeleinords
- Einordnung der Gülleabführung in den technologischen Tagesablauf

Konstruktionsparameter:

- Kanalgeometrie
 - technische Ausführung des Räumeelements
 - technische Ausführung der Übergabestelle an den Hauptkanal
- Haltungsbedingungen der Tiere:
- Einflüsse der Fütterung auf die Exkreme
 - Einflüsse des Klimas auf die Exkreme.

Als Kennzahl für eine kurzfristige Einschätzung des Trenneffekts T_{eff} unterschiedlicher Lösungsvarianten dient die Differenz der Trockensubstanzgehalte (TS-Gehalte) zwischen fester und flüssiger Komponente, gemessen an der Übergabestelle zum Hauptkanal:

$$T_{eff} = TS_{fe} - TS_{fl};$$

TS_{fe} TS-Gehalt der festen Komponente in %
 TS_{fl} TS-Gehalt der flüssigen Komponente in %.

Zur vollständigen Beurteilung des erreichten Ergebnisses, vor allem im Hinblick auf die weitere Verwertung der festen Komponente, sind der Anteil des in Form der festen Komponente anfallenden TS-Gehalts an der Gesamttrockensubstanz, ausgewiesen in %, sowie der TS-Gehalt der festen Komponente selbst von entscheidender Bedeutung.

3. Kanalgeometrie

Im Bearbeitungsverlauf unter Praxisbedingungen stellte sich heraus, daß ein befriedigendes Ergebnis zur getrennten Abführung von Kot und Harn nur bei den Varianten erzielt werden konnte, die eine speziell ausgebildete Kanalsohle aufwiesen. Durch eine Gefällekombination wird erreicht, daß der anfallende Harn über Kanalbreite und -länge möglichst schnell ohne mechanische Beeinflussung abläuft, die Berührungszeit zwischen Kot und Harn also möglichst gering ist. Entscheidenden Einfluß auf das Trennergebnis hat dabei die bauliche Ausführungsqualität der Kanalsohle. Die Kanallänge hat bei ausreichendem Quer- und Längsgefälle keinen direkten Einfluß. Aus ökonomischer Sicht sind jedoch kürzere Kanäle vorteilhafter, weil die notwendige Bautiefe – als Produkt von Gefälle und Länge – der Sammel- sowie Hauptkanäle reduziert wird. Andererseits wird dieser Vorteil nur wirksam, wenn sich die Anzahl der Hauptkanäle nicht erhöht.

4. Vorschubgeschwindigkeit des Räumeelements

Für eine getrennte Abführung von Kot und Harn empfiehlt sich in Auswertung einer Anzahl von Geschwindigkeitsvarianten eine möglichst geringe Vorschubgeschwindigkeit des Räumeelements. Dabei ist festzustellen, daß der Schiebergeschwindigkeit bei abnehmender Gefälleprozentzahl steigende Bedeutung zukommt. Vor dem Schieber bildet sich in Abhängigkeit vom Quergefälle ein mehr oder weniger spitzer Keil des Fördergutes aus, wodurch die Berührungsfläche zwischen Kot und Harn und somit die Vermischungsmöglichkeit beeinflusst wird. Bei

langsamer Schiebergeschwindigkeit läuft der Harn dem Feststoff weit voraus und kann am Übergabepunkt zum Hauptkanal gesondert abgeführt werden. Schnellere Schiebergeschwindigkeiten führen zu stärkerer Vermischung im Arbeitshub des Schiebers und erschweren die getrennte Abführung im Hauptkanal.

5. Technische Ausführung des Räumeelements

Für die getrennte Abführung von Kot und Harn haben Schieber mit frontalen Räumeelementen, die sich im Leerhub um die eigene horizontale Achse drehen, die besten Ergebnisse erbracht. Diese rollenden Schieber benötigen im Leerhub geringe Zugkräfte, und das rotierende Räumblatt bildet quer zur Kanallängsachse Rinnen, in denen noch vorhandener oder angestauter Harn über das Quergefälle schnell ablaufen kann. Weiterhin kann mit diesem Schieber der Übergabebereich zum Hauptkanal platzsparend ausgeführt werden.

In den Sammelkanälen mit Quergefälle sind diese Schieber mit Gummiwischern an der im Gefälletiefpunkt laufenden Schieberseite ausgerüstet. Diese säubern im Leerhub rückstandsfrei – auch bei Bauungenauigkeiten der Kanalwand – einen Streifen im Gefälletiefpunkt und dichten den Schieber im Arbeitshub seitlich ab.

Eine ähnliche Schieberkonstruktion wurde für den Hauptkanal entwickelt und erprobt, wobei jedoch zur Erhöhung der Förderleistung mehrere Schieberblätter hintereinander angeordnet wurden. Die mögliche Anzahl der Schieberblätter richtet sich nach der vorhandenen Antriebsleistung des Förderagregats.

6. Technische Ausführung der Übergabestelle in den Hauptkanal

Die Funktion dieses Bauteils besteht darin, die ständig aus den Sammelkanälen ablaufende flüssige Komponente strömungsfrei in eine Flüssigkeitsrinne abzuleiten. Weiterhin soll gewährleistet sein, daß beim Schieberhub die vorauslaufende flüssige Fraktion gleichfalls in diese Rinne gelangt, die feste Fraktion jedoch in den Hauptkanal abgeworfen wird.

Neben mechanisch betätigten Klappen, durch die die Flüssigkeit ablaufen konnte und die bei Annäherung des Schiebers geschlossen wurden, konnte eine einfache funktionssichere Lösung in Form eines sich selbsttätig reinigenden Spaltes gefunden werden. Vor Servicereinigungen wird eine Klappe geöffnet, wodurch der Abfluß größerer Wassermengen ermöglicht wird.

7. Technologische Einordnung der Gülleabführung in den Bewirtschaftungsablauf

Der Erfolg einer getrennten Abführung von Kot und Harn hängt in entscheidendem Maß vom Zeitpunkt des Schieberarbeitshubes ab. Deshalb muß der Hubzeitpunkt des Schiebers genau an die Gesamtbewirtschaftung, vor allem an die Fütterungszeiten, angepaßt

werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß nach Möglichkeit die Zeitabstände zwischen den Schieberläufen so gewählt werden, daß mit jeweils einem Hub der Kanal vollständig geleert wird.

8. Auswirkungen der Kot-Harn-Trennung auf den Einsatz in der Pflanzenproduktion

Mit der Gülle von 5 Mastschweinen (1 GV) fallen im Jahr 55 kg Stickstoff und 650 kg organische Substanz, abzüglich der Lagerungsverluste, an. Um einen optimalen Einsatz des Stickstoffs zu Hackfrüchten zu sichern, kann mit dieser Güllemenge etwa ein Drittel Hektar gedüngt werden. Die damit zugeführte Menge an organischer Substanz beträgt rd. 2 t/ha. Die je Hektar notwendige Zufuhr an organischer Substanz zu Hackfrüchten liegt im Mittel bei 6 t (\approx 30 t Stallmist). Durch Gewinnung einer Kotfraktion ist es möglich, bei gleicher N-Düngung rd. 3 t/ha organische Substanz zuzuführen.

Das bei einstreuloser Haltung nicht eingesetzte Stroh kann entweder auf dem Feld gehäckselt, verteilt und mit der Kotfraktion zusammen eingearbeitet oder in der Tierproduktionsanlage mit der Kotfraktion gemischt werden. Es entsteht dadurch ein stapelfähiger organischer Dünger, der auch in Gebieten eingesetzt werden kann, in denen der Gülleeinsatz verboten oder beschränkt ist.

Die Harn-Reinigungswasser-Fraktion enthält nur etwa 10 % der anfallenden organischen Substanz, jedoch rd. 30 % des Stickstoffs. Sie ist bei allen Kulturpflanzen einsetzbar, die keiner Zufuhr von organischer Substanz bedürfen.

Beide Fraktionen sedimentieren nicht beim Lagern und sind mit vorhandener Förder- und Ausbringtontechnik beherrschbar. Zum Ausbringen der Kotfraktion ist der Anhänger HTS 100.27D erforderlich.

9. Zusammenfassung

Durch die geeignete Kombination von Konstruktions- sowie Betriebsparametern ist es in der Schweinemastproduktion möglich, die anfallenden Tierexkreme getrennt aus dem Stallbereich abzuführen und für die weitere Verwertung bereitzustellen. Dabei sind bauliche sowie technologische Besonderheiten zu berücksichtigen. Unter Praxisbedingungen ist es gelungen, den Kot mit einem TS-Gehalt von rd. 20 % aus dem Stall zu gewinnen, wobei sich rd. 90 % der Gesamttrockenmasse und 70 % des Stickstoffs in der festen Komponente befanden. Eine der wesentlichen Voraussetzungen für diesen Erfolg bilden Maßnahmen des Stallpersonals, den Wassereinsatz für die Reinigung auf das vertretbare Mindestmaß zu reduzieren sowie den Anfall an Verlustwasser, z. B. aus Tränken, zu vermeiden.

Projektanten und Anlagenbetreiber aus der DDR können sich zu Details bei den Verfassern konsultieren. Für ausländische Interessenten besteht diese Möglichkeit ebenfalls auf der Grundlage des vorliegenden Lizenzobjekts.

A 4418